スピン緩和の統計的理論(II.各報告者のレポート,基研「二次相転移及び不可逆過程の基礎理論研究会」報告)

中野, 藤生; 吉森, 昭夫

特質を失うあたりに実際的および基礎的面白さがあるように思う。

輸送係数の密度展開

小　野　　　周

最近輸送係数の密度展開が、分布関数法あるいは相関関数法で、かなり活潑に研究されている。先きに、橋目氏と行つた、相関関数法に基ずく、粘性係数の密度展開と最近Zwanzig やKawasaki-Oppenheim が同じく相関関数法に基ずいて行つた密度展開との関係を論じた。また、粘性係数が密度について解析関数であるかどうかという疑問があるが、解析的であるということが殆んど確かである。今後の問題としては、密度の1次の項を数値計算までもつてゆくくことが先決である。　(世　話　人記)

スピン緩和の統計的理論

中野藤生・吉森昭夫

静磁場中におけるスピン緩和に関する統計的理論においては、これまで温度の効果をとり入れた取扱いがなかつた。最近Korringa，吉森その他の人たちが温度の効果をとり入れた理論を展開したが、ここで述べる理論も全く別の見地から、この効果をとり入れたものである。菊地の不可逆協同現象の理論によると、磁気能率$\vec{\mu}$が静磁場$\vec{H}_0$と揺動磁場$\vec{h}(t)$との中で運動する場合$\vec{\mu}$の方位Ωについての確率分布函数$p(\Omega;t)$に関して、rate equation

$$dp(\Omega,t)/dt=\int d\Omega'\,\theta(\Omega,\Omega')\left[p(\Omega',t)e^{\frac{E'-E}{2kT}}-p(\Omega,t)e^{\frac{E-E'}{2kT}}\right] \qquad (1)$$

が成立つ。$E' \equiv E(\Omega') = -H_0 \mu \cos\theta'$, $E \equiv E(\Omega) = -H_0 \mu \cos\theta$. $\vec{h}(t)$ を与える分子の並進や廻転の運動を熱浴と考え、それとの相互作用によつて、スピン（磁気能率）は変動するのであるが、$\theta(\Omega, \Omega')$ はスピンの方位が Ω から Ω' へ移る遷移率である。ただしこの遷移確率はスピン，熱浴間のエネルギー授受の影響を考慮しないもの（熱浴の熱容量が大きい極限）である。$\theta(\Omega, \Omega')$ は Liouville 方程式 $\{\partial/\partial t + \gamma\vec{\mu} \times \vec{h}(t) \cdot \partial/\partial\vec{\mu}\} f(\vec{\mu}, t) = 0$ を積分して、$\vec{h}(t)$ の過程をガウスとして熱浴に関する相関関数 $\langle h_\rho(t)\, h_\sigma(t+\tau)\rangle$ $(\rho, \sigma = +, -, z)$ を使うと、

$$\theta(\Omega, \Omega') = (G_1^* R_+ R_- + G_1 R_- R_+ + G_0 R_z^2)\, \delta(\Omega' - \Omega) \tag{2}$$

と書ける。$G_1 = \int_0^\infty dt \langle h_+(t)\, h_-(0)\rangle$, $G_0 = \int_0^\infty dt \langle h_z(t)\, h_z(0)\rangle$ $\left(h_\pm = \frac{h_x \pm i h_y}{\sqrt{2}}\right)$.

R_ρ は $\vec{\mu}$ 空間での無限小廻転オペレタの ρ $(=x, y, z)$ 成分。$R_\pm = (R_x \pm iR_y)\sqrt{2}$.

(1)に(2)を代入して、具体的な rate equation が得られ、それから磁化の成分 M_ρ の時間変化を支配する方程式を導くことができる。高温で、磁化が小さい近似においては、それはBloch 方程式になり、$1/T_1 = 2\,\mathcal{R}e\,G_1$, $1/T_2 = G_0 + \mathcal{R}e\,G_1$ になる。スピンを量子論的に扱うことは、スピン演算子 $\vec{S}$ の Heisenberg 運動が Euler 角 $x \equiv (\theta, \varphi, \psi)$ をパラメータにふくむウニテール変換 $U(x)$ によつて定められることから、(1)における Ω の代りに x を確率変数とすることによつて、理論はやや複雑になるが、同様な考え方によつて、展開することができる。

コメント．ブラウン運動と揺動散逸定理

久　保　亮　五

熱平衡にある媒質中のブラウン粒子に対するLangevin eq. を $\dot{u} = -\gamma\mu + f(t)$ とすれば、抵抗係数 γ と fluctuation force $f(t)$ とは揺動散逸定理で